

*ANDRZEJ BYTNIEWSKI, MARCIN HERNES*

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu<sup>1</sup>

### WIELOAGENTOWY SYSTEM WSPOMAGANIA DECYZJI Z ZAKRESU E-FINANSÓW

#### Streszczenie

Realizacja e-usług we wszystkich obszarach e-finansów wiąże się z koniecznością podejmowania decyzji przez klientów korzystających z tych usług. Jednakże istniejące systemy wspomaganie tego procesu obejmują z reguły tylko jeden z obszarów i są to systemy zamknięte, dostępne jedynie dla wąskiego grona użytkowników. Celem niniejszego artykułu jest opracowanie otwartego, wieloagentowego systemu wspomaganie decyzji z zakresu e-finansów z uwzględnieniem możliwości integracji wiedzy z różnych obszarów. W artykule przedstawiono architekturę opracowanego systemu oraz sposób funkcjonowania wybranych agentów.

**Słowa kluczowe:** e-finanse, systemy wieloagentowe, systemy wspomaganie decyzji.

#### Wprowadzenie

Współcześnie w dobie e-gospodarki obserwuje się gwałtowny wzrost różnego rodzaju produktów i usług dostępnych drogą elektroniczną, w tym również usług związanych z finansami. E-finanse obejmują wszystkie usługi finansowe dostępne dla klientów za pośrednictwem Internetu (Dandapani 2004). Natomiast Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP 2015) definiuje e-finanse jako ogół operacji dotyczących finansów wykonywanych za pośrednictwem mediów elektronicznych. Do e-finansów można zatem zaliczyć usługi związane z (Narayanasamy i in. 2011, PARP 2015):

- inwestycjami (papiery wartościowe, waluty),
- bankowością,
- ubezpieczeniami,

---

<sup>1</sup> Katedra Informatyki Ekonomicznej.

- doradztwem finansowym,
- zarządzaniem własnymi finansami,
- dokonywaniem płatności.

Realizacja e-usług we wszystkich wymienionych obszarach wiąże się z koniecznością podejmowania decyzji przez klientów korzystających z tych usług. Proces ten musi być realizowany przeważnie w czasie zbliżonym do rzeczywistego i zawsze charakteryzuje się pewnym poziomem ryzyka. Często też wspomagany jest z wykorzystaniem systemów informatycznych zintegrowanych z e-usługami – np. system wspomaga decyzje dotyczące inwestycji na rynku walutowym i decyzje kupna/sprzedaży mogą być automatycznie realizowane (bez udziału człowieka) drogą elektroniczną (Abroud i in. 2015). Jednakże istniejące systemy wspomagające z zakresu e-finansów obejmują z reguły tylko jeden z wymienionych wcześniej obszarów i są to systemy zamknięte, dostępne jedynie dla wąskiego grona użytkowników, co należy uznać za mankament.

Zatem celem niniejszego artykułu jest zaprezentowanie otwartego, wieloagentowego systemu wspomaganie decyzji z zakresu e-finansów z uwzględnieniem możliwości integracji wiedzy z różnych obszarów e-finansów.

W pierwszej części artykułu przedstawiono architekturę opracowanego systemu. Następnie zaprezentowano sposób funkcjonowania wybranych agentów. W końcowej części artykułu dokonano podsumowania analizowanego problemu oraz wskazano dalsze prace badawcze w tym zakresie.

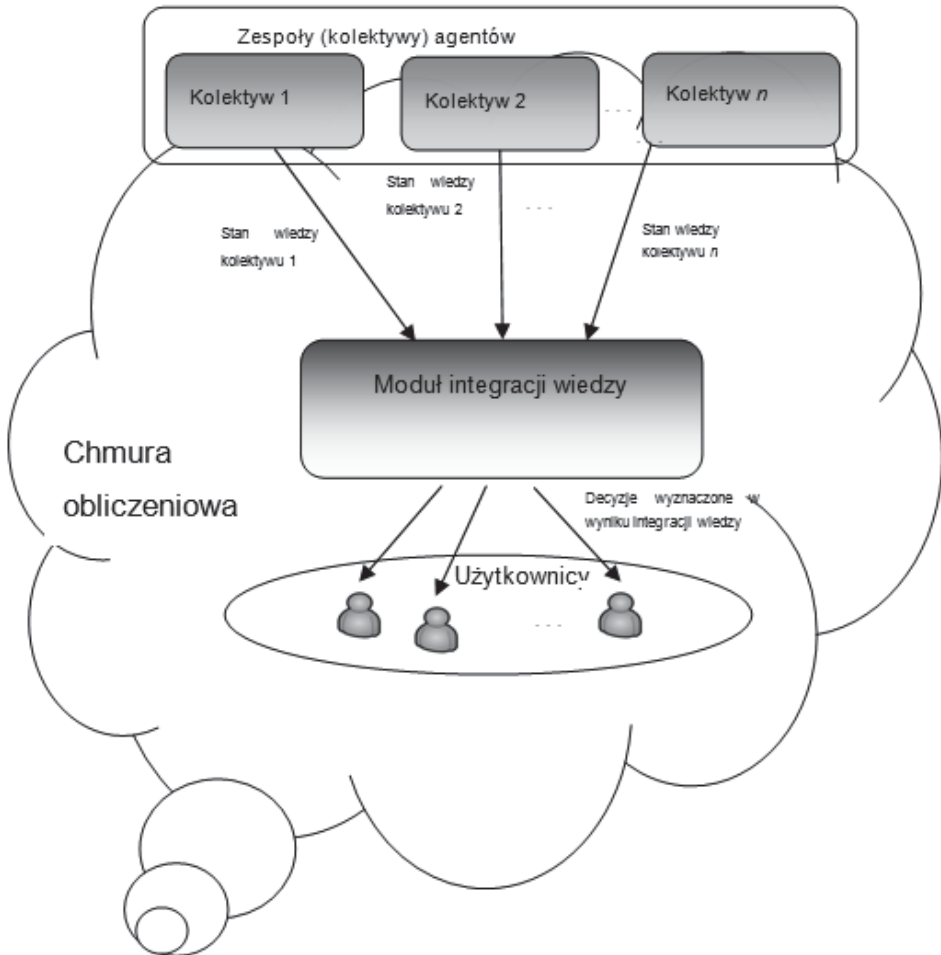
## **1. Architektura systemu wieloagentowego**

Wieloagentowy system wspomaganie decyzji z zakresu e-finansów zbudowany jest z następujących elementów (por. rys. 1):

1. Kolektywów agentów, składających się z kilku kognitywnych agentów programowych LIDA lub JADE. Celem członków kolektywu jest analiza informacji z danego rynku, wyznaczanie (generowanie) decyzji i podejmowanie działań. Każdy agent w kolektywie korzysta z innej metody wspomaganie podejmowania decyzji (na przykład w odniesieniu do inwestycji wykorzystywane są zarówno metody analizy fundamentalnej, jak i metody analizy technicznej). Każdy kolektyw podejmuje decyzje dotyczące innego obszaru (na przykład Kolektyw 1 podejmuje decyzje dotyczące rynku bankowości, Kolektyw 2 podejmuje decyzje dotyczące rynku inwestycji, Kolektyw 3 podejmuje decyzje dotyczące rynku ubezpieczeń. Stan wiedzy członków kolektywu reprezentowany jest w postaci jednolitej struktury.
2. Modułu integracji wiedzy, w którym, z wykorzystaniem metod consensusu, dokonywana jest integracja stanu wiedzy poszczególnych członków ko-

lektywów (integracja dokonywana jest niezależnie w odniesieniu do każdego kolektywu) oraz wyznaczana jest jedna, ostateczna decyzja (w odniesieniu do każdego kolektywu wyznaczana jest osobna decyzja). Ostateczna decyzja przedstawiana jest następnie użytkownikom.

3. Użytkowników – ludzi, inwestorów finansowych, lub agentów programowych podejmujących decyzje w imieniu człowieka (połączonych z systemem dostawcy danych finansowych). Użytkownicy realizują podjęte decyzje na rynkach finansowych.



Rys. 1. Architektura funkcjonalna systemu

Źródło: opracowanie własne.

System posiada następujące cechy:

- wieloagentowość – system składa się z pewnej liczby specjalizowanych agentów programowych;
- otwartość – system może być rozszerzany (np. o dodatkowe agenty) bez konieczności ingerencji w już istniejące zasoby;
- skalowalność – możliwość rozszerzania systemu o dowolną liczbę agentów;
- wykorzystanie technologii chmury obliczeniowej – wpływa to korzystnie na szybkość wdrożenia i wydajność obliczeniową systemu;
- niezależność sprzętową – w celu uruchomienia agentów programowych można wykorzystać zarówno komputery stacjonarne, laptopy, jak i urządzenia mobilne (np. tablet, telefon komórkowy);
- niezależność programową – algorytmy agentów programowych mogą być implementowane w dowolnym języku programowania (np. C++, Java, PHP);
- ciągłość procesu uczenia się agentów – agent ma możliwość uzupełniania swojej bazy wiedzy w dowolnym czasie;
- realizowanie procesu integracji wiedzy kolektywów;
- możliwość automatycznej realizacji decyzji.

## 2. Funkcjonowanie wybranych agentów

W celu realizacji dalszych badań z zakresu analizy wieloagentowego systemu wspomaganie decyzji z zakresu e-finansów opracowany został jego prototyp. Obecnie w systemie funkcjonuje kilkanaście agentów w dwóch kolektywach: inwestycje (finansowe) i bankowość. W dalszej części artykułu przedstawiony zostanie sposób funkcjonowania wybranych agentów: *MixedTechnical*, *BollingerPlus* oraz *Fundamental*.

### 2.1. Agent *MixedTechnical*

Agent *MixedTechnical* został opracowany z wykorzystaniem platformy Java Agent Development Framework (JADE), która jest platformą ułatwiającą tworzenie agentów oraz systemów wieloagentowych w języku programowania Java (JADE Tutorial 2015). Agent generuje decyzje kupna/sprzedży na podstawie najczęściej używanych wskaźników analizy technicznej<sup>2</sup> (Lento 2008):

- Average Directional Index (ADX),

---

<sup>2</sup> Analiza techniczna bazuje na aktualnym kursie i obrocie (w odniesieniu do danego instrumentu finansowego), punkcie odniesienia i danych z przeszłości, na podstawie których dokonuje się obliczeń różnego rodzaju wskaźników. Ten rodzaj analizy można stosować nawet nie znając nazwy emitenta papieru wartościowego.

- Relative Strength Index (RSI),
- Rate of Change (ROC),
- Commodity Channel Index (CCI),
- Moving Average of Oscillator (OsMA),
- Moving Average Convergence Divergence (MACD),
- Stop and Reverse (SAR),
- Williams %R,
- Moving Average (MA).

Agent podejmuje decyzje kupna/sprzedaży w zależności od tego, jaka decyzja sugerowana jest przez większość wykorzystywanych wskaźników. Wiedza agenta reprezentowana jest z wykorzystaniem logiki trójwartościowej (wartość „1” oznacza decyzję „kup”, wartość „-1” oznacza decyzję „sprzedaj”, wartość „0” oznacza decyzję „pozostaw bez zmian”).

## 2.2. Agent BollingerPlus

Agent *BollingerPlus* funkcjonuje na podstawie wskaźnika Bollinger Bands, wyznaczającego obszar, w którym powinna utrzymywać się cena instrumentu. Zakłada się, że w przypadku kursu pozostającego w trendzie horyzontalnym wykres powinien oscylować pomiędzy dwoma wstęgami Bollingera: górną i dolną. Wyjście linii kursu poza ten obszar (ewentualnie zbliżenie się do ramienia wstęgi) oznacza sygnał krótkotrwałego odwrócenia tendencji w dłuższym trendzie horyzontalnym (Bollinger 2001). Wiedza tego agenta reprezentowana jest za pomocą logiki rozmytej. Decyzje wyznaczane są z wykorzystaniem liczb rzeczywistych z zakresu  $[-1..1]$ , gdzie poziom „1” oznacza silne wskazanie decyzji „kup”, poziom „-1” oznacza silne wskazanie decyzji „sprzedaj”, natomiast poziom „0” oznacza silne wskazanie decyzji „pozostaw bez zmian”. Poziom decyzji „sprzedaj” jest obliczany wtedy, gdy cena zbliża się do górnej wstęgi Bollingera lub przecina ją, a trend zmienia się na malejący. Poziom decyzji „kup” jest obliczany wtedy, gdy cena zbliża się do dolnej wstęgi Bollingera lub przecina ją, a trend zmienia się na rosnący. Algorytm funkcjonowania agenta przedstawia się następująco:

### Algorytm 1

```

Dane:   n // wartość notowania,
prevn     // poprzednia wartość notowania
bbandup   // wartość górnej wstęgi Bollingera (obliczana
przez innego agenta),
bbandlo   // wartość dolnej wstęgi Bollingera (obliczana
przez innego agenta)
sma       // wartość prostej średniej kroczącej (obliczana
przez innego agenta).
Wyjście: Decyzja D (zakres wartości [-1..1]).
START
Niech D:=0, calcBands:=0; //licznik wykorzystywany w procesie
fuzyfikacji.

```

```

maxcount:=0. //licznik maksimum wykorzystywany
w procesie fuzyfikacji.
 $\Delta = \text{Abs}((\text{sma} - ((\text{bbandlo} + \text{bbandup}) / 2)) / 10)$ .
Jeżeli  $q < (\text{bbandlo} (+\Delta))$  oraz  $(\text{prevq} > q)$  to
Jeżeli  $(\text{calcBands} > 0)$  to  $\text{calcBands} = 0$ ,  $\text{calcBands} := \text{calcBands} - 1$ .
Jeżeli  $(\text{calcBands} < -\text{maxcount})$  to  $\text{calcBands} = -\text{maxcount}$ ,
 $D = \text{calcBands} / \text{maxcount}$ ;
Jeżeli  $q > (\text{bbandup} (-\Delta))$  oraz  $(\text{prevq} < q)$  to
Jeżeli  $(\text{calcBands} < 0)$  to  $\text{calcBands} = 0$ ,  $\text{calcBands} := \text{calcBands} + 1$ .
Jeżeli  $(\text{calcBands} > \text{maxcount})$  to  $\text{calcBands} = \text{maxcount}$ ;
 $D = \text{calcBands} / \text{maxcount}$ ;
STOP

```

### 2.3. Agent Fundamental

Agent *Fundamental* podejmuje decyzje z wykorzystaniem analizy fundamentalnej<sup>3</sup>. W tym celu przeprowadza on analizę dokumentów tekstowych<sup>4</sup> zawierających opinie ekspertów dotyczące sytuacji gospodarki czy też podmiotu gospodarczego. Głównym celem analizy jest określenie ogólnego wydzźwięku opinii, tzn. określenie, czy opinia jest pozytywna (sugerująca decyzję „kup”), czy negatywna (sugerująca decyzję „sprzedaj”), czy też neutralna (sugerująca decyzję „pozostaw bez zmian”). Analiza opinii dokonywana jest przez agenta zbudowanego z wykorzystaniem architektury The Learning Intelligent Distribution Agent (LIDA) (Franklin i Patterson 2006). Zaletą tej architektury jest jej emergentno-symboliczny charakter, dzięki czemu możliwe jest przetwarzanie wiedzy zarówno ustrukturalizowanej (numerycznej i symbolicznej), jak i nieustrukturalizowanej (zapisanej w języku naturalnym). Przyjęto, że agent kognitywny składa się z następujących modułów: pamięć robocza, globalna pamięć robocza, pamięć sensoryczna, pamięć percepcyjna, pamięć epizodyczna, pamięć deklaratywna, pamięć sensoryczno-motoryczna, selekcja działań, bieżąca świadomość. Funkcjonowanie agenta realizowane jest w ramach cyklu kognitywnego.

Biorąc pod uwagę proces analizy opinii ekspertów, środowisko funkcjonowania agenta analizy tekstu stanowi zbiór dokumentów tekstowych zawierających te opinie (opinie znajdują się np. na portalach finansowych). Agent poszukuje opinii, a następnie zapisuje je w repozytorium (w bazie danych systemu).

Analiza opinii przeprowadzana jest w następujący sposób:

1. Na podstawie zbioru uczącego (zbioru opinii dotyczących gospodarki i wybranych podmiotów gospodarczych) tworzona jest w pamięci percep-

<sup>3</sup> Analiza fundamentalna polega na badaniu kondycji finansowej spółki lub innego emitenta papierów wartościowych, jego silnych i słabych stron oraz perspektyw rozwoju. Odpowiada się w niej na pytanie, czy warto zainwestować w rozpatrywane papiery wartościowe (przy czym w przypadku notowań walutowych bada się całą gospodarkę danego kraju).

<sup>4</sup> Proces analizy dokumentów tekstowych przez agenta LIDA został szczegółowo scharakteryzowany w artykule (Zbytniewski i Hermes 2014).

cyjnej sieć semantyczna zawierająca pojęcia i powiązania (asocjacje) między nimi. Pamięć percepcyjna przechowuje również synonimy i różne odmiany wyrazów. W pamięci percepcyjnej agenta LIDA pojęcia reprezentowane są za pomocą tzw. nodów, natomiast asocjacje za pomocą tzw. linków.

2. Do pamięci sensorycznej (zawierającej łańcuchy znaków) przekazywane są kolejno poszczególne opinie.
3. Analiza opinii dokonywana jest przez codelety, czyli programy (implementowane w formie klas języka programowania Java), które przeszukują tekst według kryteriów określonych za pomocą parametrów konfiguracyjnych, których wartość może być wskazywana przez użytkownika (parametry zapisane są w strukturze pliku xml i wykorzystywane w kodzie programowym codeletów). Przykład konfiguracji codeletów określających wydzźwięk opinii został przedstawiony na rysunku 2.

```
<task name="opinia_pozytywna">
<tasktype> CodeletObjectDetector </tasktype>
<param name="object" type="string">sugerować, kupić</param>
<param name="noobject" type="string">nie</param>
<param name="distance" type="int">1</param>
<param name="node" type="string">opinia_pozytywna</param>
</task>

<task name="opinia_negatywna">
<tasktype>CodeletObjectDetector</tasktype>
<param name="object" type="string">sugerować, sprzedać</param>
<param name="distance" type="int">1</param>
<param name="node" type="string">opinia_negatywna</param>
</task>
```

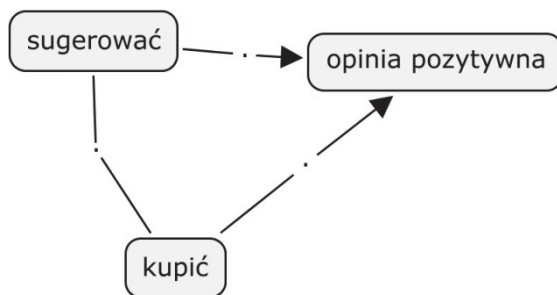
Rys. 2. Przykład konfiguracji codeletów określających wydzźwięk opinii

Źródło: opracowanie własne.

Parametr *task name* (w architekturze LIDA codelet konfigurowany jest jako zadanie (zadaniem może być również odświeżenie zawartości GUI i nie jest ono realizowane przez codelet), oznacza nazwę codeletu, parametr *tasktype* wskazuje nazwę klasy Java, w której znajduje się kod programowy codeletu, parametr o nazwie *object* określa, które wyrazy (lub wyrażenia) poszukiwane są przez codelet w pamięci sensorycznej, parametr *noobject* określa, które wyrazy (lub wyrażenia) nie mogą znajdować się w tekście (na przykład opinia jest pozytywna, gdy w tekście występują wyrazy „po-

lecam” oraz „kupić”, natomiast nie występuje przy nich wyraz „nie”), parametr *distance* określa maksymalną odległość pomiędzy szukanymi wyrazami lub wyrażeniami, parametr *node* określa, jaki nod ma zostać umieszczony w pamięci roboczej w przypadku znalezienia poszukiwanych wyrazów (lub wyrażenia).

4. Wyniki analizy, w postaci sieci semantycznej, przekazywane są do pamięci roboczej (tworzony jest bieżący model sytuacyjny). Rysunek 3 przedstawia przykład wyników analizy następującej opinii o podmiocie gospodarczym Spółka 1: „Sugeruję kupić akcje spółki 1”.



Rys. 3. Przykład wyników analizy opinii o podmiocie gospodarczym Spółka 1  
Źródło: opracowanie własne.

5. W kolejnym kroku model sytuacyjny przekazywany jest do globalnej pamięci roboczej i z pamięci proceduralnej automatycznie wybierane są następujące schematy działań: „zapis wyników analizy opinii do bazy danych” (baza danych typu noSQL - wyniki analizy -sieć semantyczna- zapisywane są w formacie XML) oraz „wczytanie kolejnej opinii do pamięci sensorycznej”.

Agenty funkcjonujące w prototypie systemu w celu wyznaczania decyzji z obszaru inwestycji i bankowości wykorzystują metody analizy technicznej, analizy fundamentalnej, metody sztucznej inteligencji (takie jak algorytmy genetyczne, sztuczne sieci neuronowe, systemy ekspertowe).

W systemie funkcjonuje również „Moduł integracji wiedzy” poszczególnych agentów, którego głównym celem jest wyznaczenie decyzji przynoszącej użytkownikowi satysfakcjonujące korzyści (np. odpowiedni poziom stopy zwrotu przy ograniczonym ryzyku inwestycyjnym). W module wykorzystane są w tym celu metody konsensusu.

Analiza efektywności poszczególnych agentów i „Modułu integracji wiedzy” została przeprowadzona w postaci eksperymentu badawczego, którego wyniki prezentowane są w artykule *Integracja wiedzy w wieloagentowym systemie wspoma-*



gania decyzji z zakresu e-finansów (w: *Obszary gospodarki elektronicznej*, Ekonomiczne Problemy Usług nr 123, wyd. WNUS, Szczecin 2016, s. 69–78).

### Podsumowanie

Oferowanie usług w ramach e-finansów wymaga najczęściej korzystania z systemów wspomagających podejmowanie decyzji z tego zakresu. W niniejszym artykule zaprezentowana została architektura wieloagentowego systemu wspomagania decyzji z zakresu e-finansów. Przedstawiono również sposób funkcjonowania wybranych agentów. Opracowany system umożliwi integrację wiedzy z zakresu wszystkich obszarów e-finansów, zatem decyzje te mogą być podejmowane w sposób automatyczny, kompleksowy, bardziej spójny i efektywny.

Dalsze prace badawcze dotyczyć mogą na przykład opracowania agentów wykorzystujących modele behawioralne, jak również rozbudowania prototypu systemu o kolektywy agentów wspomagające podejmowanie decyzji z pozostałych obszarów e-finansów.

### Literatura

1. Abroud A., Choong Y.V., Muthaiyah S., Fie D., Yong G. (2015), *Adopting e-finance: decomposing the technology acceptance model for investors*, „Service Business”, No. 9 (1).
2. Bollinger J. (2001), *Bollinger on Bollinger Bands*, McGraw-Hill.
3. Bytniewski A., Hernes M. (2014), *Analiza opinii klientów o produkcji dokonywana w kognitywnym zintegrowanym systemie informatycznym zarządzania*, w: *Systemy Wspomagania Organizacji*, red. T. Porębska-Miąc, H. Sroka, Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach.
4. Dandapani K. (2004), *Success and failure in web-based financial services*, „Communications of the ACM”, No. 47 (5).
5. Franklin S., Patterson F.G. (2006), *The LIDA architecture: Adding new modes of learning to an intelligent, autonomous, software agent*, w: *Proceedings of the International Conference on Integrated Design and Process Technology*, CA: Society for Design and Process Science, San Diego.
6. Hu J., Zhong N. (2007), *A Multilevel Integration Approach for Developing E-Finance Portals: Challenges and Perspectives*, w: *Proceedings of the IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI '07)*, IEEE Computer Society, Washington, DC, USA.
7. JADE Tutorial, <http://jade.tilab.com/doc/tutorials/JADEProgramming-Tutorial-for-beginners.pdf> [dostęp 15.12.2015].
8. Lento C. (2008), *A Combined Signal Approach to Technical Analysis on the S&P 500*, „Journal of Business & Economics Research”, No. 6 (8).

9. Narayanasamy K., Rasiah D., Tan T.M. (2011), *The adoption and concerns of e-finance in Malaysia*, „Electron. Commerce Res.”, No. 11 (4).
10. PARP, definicja e-finansów, [http://www.web.gov.pl/e-finansowanie/76\\_141.html](http://www.web.gov.pl/e-finansowanie/76_141.html) [dostęp 5.12.2015].

## MULTI-AGENT E-FINANCE DECISION SUPPORT SYSTEM

### Summary

E-services providing in all areas of e- finance is related to decision making by the users of these services. However, existing systems of this process supporting include usually just one area and they are closed systems, available only for a narrow range of users. The purpose of this paper is to develop an open, multi-agent decision support system for e-finance including the possibility of integrating knowledge from different areas. The paper presents architecture of the developed system and the functioning of selected agents.

**Keywords:** e-finance, multi-agent systems, decision support systems.

*Translated by Marcin Hernes*